DIE NATURWISSENSCHAFTEN

26. Jahrgang | 22. Juli 1938 | Heft 29

Leistungsmöglichkeiten des Segelfluges[1].

Von W. Georgii, Darmstadt.

Drei Voraussetzungen bedingen den Fortschritt im Segelflug:

1. Das fliegerische Können und die Einsatzbereitschaft des Piloten.

2. Die technische Weiterentwicklung der Segelflugzeuge.

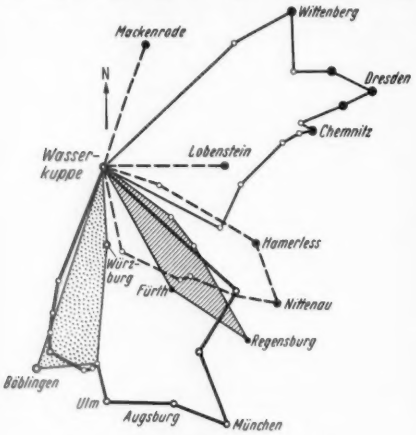
3. Die Erschließung neuer, atmosphärischer Segelflugmöglichkeiten.

Oft genug mochte es in der Entwicklung des Segelfluges den Anschein haben, daß die Leistungsmöglichkeit des Segelfluges ihren Abschluß gefunden hat, weil nach einem sprunghaften Anstieg der Leistungen eine Zeit der Ruhe eingetreten ist, die oft allzu schnell als ein endgültiger Stillstand und als eine Erschöpfung der für einen weiteren Leistungsanstieg verfügbaren Möglichkeiten angesehen worden ist. Maßstab der Leistungen im Segelflug sind bei uns in Deutschland normalerweise die Ergebnisse der Rhönsegelflugwettbewerbe. Wie oft mußte in den Anfangsjahren des Segelfluges, in den Jahren des Ringens um Anerkennung, ebenso wie in den späteren Jahren des gewaltigen Ausbaues des deutschen Segelfluges, die Erfahrung gemacht werden, daß das Ausbleiben einer Höchstleistung gleichbedeutend mit dem Ende der Segelflugentwicklung angesehen wurde, bis das fliegerische Können eines Piloten zu einer neuen segelfliegerischen Entdeckung führte, oder die planmäßige Forschung einen neuen Weg des Aufstieges weisen konnte, der dem Segelflug wieder neuen Impuls zur Leistungssteigerung und zu weiterer Entfaltung geben konnte. Auch in den letzten beiden Jahren haben die Rhön-Segelflugwettbewerbe keine Steigerung in der Höchstleistung gebracht. So erfolgreich ihr Verlauf in den Gesamtleistungen gewesen ist, vermochten sie die Leistungen des Rhönwettbewerbes 1935 nicht zu erreichen. Es wäre falsch, aus diesem Ergebnis der letzten Rhönwettbewerbe erneut zu schließen, daß der Segelflug an der äußersten Grenze seiner Leistungsmöglichkeit angelangt sei, denn gerade in diesem Jahre haben Grunauer Segelflieger außerhalb des Rhönwettbewerbes in ihrem Heimatgelände im Segelflugzeug Höhen erreicht, welche bisher nicht für möglich gehalten worden sind und welche gänzlich neue Wege für einen weiteren Leistungsaufstieg im Segelflug gewiesen haben. Diese Höhenflüge der Grunauer Segelflieger haben auch gezeigt, wie stark gerade das fliegerische Können und die Einsatzbereitschaft eines einzelnen Piloten ausschlaggebend sein können für den weiteren Aufstieg der Gesamtleistung. Weltmeisterschaft eines einzelnen hat sich im Segelflug bisher stets als eine Leistung für die Gemeinschaft erwiesen, da der Weltmeister Lehrmeister der Gesamtheit gewesen ist. Wenn ein Pilot im fliegerischen Kampfgeist eine neue Höchstleistung erflogen hat, so hat dieser Flug häufig zunächst zufällig zur Entdeckung einer neuen Segelflugmöglichkeit geführt. Zur allgemeinen Leistungssteigerung ist es alsdann erforderlich, daß die zufällige Ausnutzung einer bisher unerschlossenen Segelflugmöglichkeit zu einer planmäßigen wird. Das Zufällige muß zum Gesetz werden. Hierzu weist den Weg die Forschung, welche aus der vom Piloten gefundenen Einzelerscheinung die kausalen Zusammenhänge erschließen, sie von ihrer durch den Piloten gefundenen örtlichen Gebundenheit befreien und sie der Gesamtheit des Segelfluges zugänglich machen muß. Aber unabhängig von dem durch den Segelflieger selbst vorgezeichneten Weg neuer Leistungsmöglichkeiten muß die Forschung auch selbständig fortschreiten und ihrerseits dem Segelflieger Wege weisen, die zum Aufstieg führen. Die Forschung hat sich gerade in dem vergangenen Jahre eingehend mit der Frage befaßt, welche Möglichkeiten der Leistungssteigerung dem Segelflug noch gegeben sind, und hat Grundlagen für die technische Weiterentwicklung der Segelflugzeuge und für die Erschließung neuer atmosphärischer Segelflugmöglichkeiten in dem hierzu berufenen Ausschuß für Segelflugwesen der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung aufgestellt, deren Durchführung in den Arbeiten der Deutschen Forschungsanstalt für Segelflug inzwischen herangereift ist.

Um die Leistungsmöglichkeiten des Segelfluges beurteilen zu können, muß man sich die während der letzten Jahre durchgeführten Flugleistungen vergegenwärtigen, für die die zahlreichen Fernsegelflüge des Rhönsegelflugwettbewerbes 1937 einen ausgezeichneten Überblick geben. Das Kennzeichen des Rhönwettbewerbes 1937 ist die überragende Zahl der Fernzielflüge, von denen etwa 60% über eine Flugstrecke von 100 km und nahezu noch 10% über 200 km Entfernung führten. Deutlicher als in jedem anderen Wettbewerb offenbaren diese Zielflüge den ausgezeichneten Leistungsstand des deutschen Segelfluges, und zwar sowohl in fliegerischer Hinsicht durch das Können und die Einsatzbereitschaft der Piloten als auch in technischer Hinsicht durch die Gleichwertigkeit der eingesetzten Flugzeuge. Fig. 1 gibt eine Darstellung der Fernzielflüge und der größten Streckenflüge an den Haupttagen des Wettbewerbes. Die Darstellung läßt deutlich die Abhängigkeit der

[1] Vortrag vor der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung. Berlin 1937.

Segelflugleistung von der herrschenden Windrichtung erkennen, indem je nach der vorherrschenden westlichen, nordwestlichen oder nördlichen Windrichtung der Flug nach Osten, Südosten oder Süden führt. Eine bemerkenswerte Erscheinung tritt in dieser Zusammenstellung hervor, daß die weitesten Flüge mit etwa 280 km (Dresden) am 25. VII. und am 6. VIII. (München) an den Tagen durchgeführt worden sind, an welchen die Windgeschwindigkeit am geringsten (8 km/Std. bzw. 13 km/Std.) gewesen ist. Die Zwischentage, welche nach Fig. 1 größere Windgeschwindigkeiten aufweisen, ergeben geringere Flugstrecken. Es hängt



Datum	Sektor	mittl. Windgeschw. in 2000 m Höhe		Zahl der Flüge
25. VII. 1937	——	W	8 km/h	41
29. VII. 1937	▨	WSW	25 km/h	24
3. VIII. 1937	▤	N	25 km/h	23
4. VIII. 1937	- - -	WNW	18 km/h	36
6. VIII. 1937	———	NNW	13 km/h	41

Fig. 1. Fernzielflüge und Streckenflüge während des Rhönsegelflugwettbewerbes 1937.

diese Erscheinung zweifellos nicht allein von der Zielsetzung des Piloten ab, sondern zeigt auch, daß mit der geringeren Windgeschwindigkeit bessere thermische Aufwindverhältnisse verbunden waren. Die Erreichung so weitgesteckter, vorgegebener Ziele, wie München und Dresden, beweist aber auch, daß an diesen Tagen die Möglichkeit für noch größere Streckenleistungen durchaus gegeben war.

Bemerkenswert ist der Flug nach Mackenrode am 4. VIII., der abweichend von der nach Südosten führenden Flugrichtung der großen Zahl der Wettbewerbsflugzeuge und auch abweichend von der herrschenden nordwestlichen Windrichtung nach Norden führte. Trotz der Flugrichtung quer zum Winde erreichte dieses Flugzeug eine Strecke von 126 km, die nur unwesentlich unter der Streckenleistung der Mehrzahl der mit dem Winde abgeflogenen Flugzeuge liegt. Gerade dieser Flug legt einen Gedanken für den weiteren Ausbau der Zielflüge nahe, den man nunmehr beschreiten sollte, nachdem durch den letzten Rhönsegelflugwettbewerb die allgemeine Leistungsfähigkeit im Zielstreckenflug erwiesen worden ist. Hat man bisher dem Flugzeugführer die Wahl seines Zieles freigestellt, das er sich naturgemäß nach den ihm günstigsten Bedingungen aussucht, so dürfte es nunmehr gerechtfertigt sein, das zu erreichende Ziel nicht dem Piloten freizustellen, sondern vorher unabhängig von den herrschenden Segelflugbedingungen festzulegen. Auf diese Weise wird der Segelflieger gezwungen, nicht nur unter günstigsten Streckenbedingungen zu fliegen, sondern er kann zeigen, daß der Segelflug auch unter erschwerten Verhältnissen Wege zum Ziel findet. Dem Fortschritt wird hierdurch ein erheblicher Dienst geleistet, da durch solche Flüge die Erkenntnisse, die zu einem *Allwettersegelflug* führen können, am besten erschlossen werden. Solche Flüge bilden auch die Vorübung zu den in den letzten Jahren zweimal durchgeführten *Wander-* oder *Touristik-Segelflügen*, welche ohne Rücksicht auf die herrschende Windrichtung oder besonders günstige Wetterlagen Etappenflüge über eine bestimmte Rundflugstrecke fordern. Den Nachweis der Möglichkeit solcher Flüge hat der Süddeutschlandflug der Flugtechnischen Fachgruppen und der Deutschen Forschungsanstalt für Segelflug im Sommer 1936 erbracht. Auf diesem Flug haben von 10 Segelflugzeugen die etwa 750 km lange Rundflugstrecke Darmstadt — Nürnberg — München — Stuttgart — Darmstadt 6 Segelflugzeuge in 8 Tagen durchfliegen können. Der zweite Rundflug dieser Art war der Rhönwandersegelflug Wasserkuppe—Erfurt—Halle—Berlin—Magdeburg—Kassel—Wasserkuppe über 730 km, der ebenfalls von 3 Flugzeugen während der Dauer der Ausschreibung erfolgreich durchgeführt werden konnte, obwohl gerade bei diesem Flug auf dem Rückweg von Berlin zur Wasserkuppe mit erheblichen fliegerischen Schwierigkeiten im Kampf gegen die vorherrschenden Westwinde zu rechnen war. Diese Wandersegelflüge sind Zielstreckenflüge, welche die Leistungsmöglichkeit des Segelfluges namentlich in seiner Unabhängigkeit vom Wetter am deutlichsten offenbaren und dem Flugzeugführer Erfahrungen über die Aufwindmöglichkeiten unter den verschiedensten Geländebedingungen, über der Ebene, im Gebirge, im Seengelände und über Trockengebieten im reichsten Ausmaß vermitteln. Gerade diese Wandersegelflüge verdienen es, Höchstleistungen gleichgestellt zu werden, welche ihre Bewertung sonst durch die Rekordanerkennung finden.

Zu den Sonderaufgaben des Segelfluges, welche seine Leistungsmöglichkeit weniger durch eindrucksvolle Zahlen als durch die höchste Bewährung fliegerischen Könnens und unerschrockenen fliegerischen Einsatzes beweisen, gehört die in diesem Jahre erfolgte Überwindung der Alpen im Segelflugzeug. Die systematischen Vorversuche

für Alpensegelflüge reichen bis zum Jahre 1931 zurück. Sie wurden am Jungfraujoch, im Zugspitze-Gebiet und in den Ostalpen vom Chiemsee aus Jahr für Jahr durch kürzere Flugunternehmungen wege, die zunächst die Voralpen mit Watzmann und Steinernem Meer überwanden und dann in 3500 m Höhe in den Tauern über die Zentralalpen führten, um von da in 2 verschiedenen Richtungen

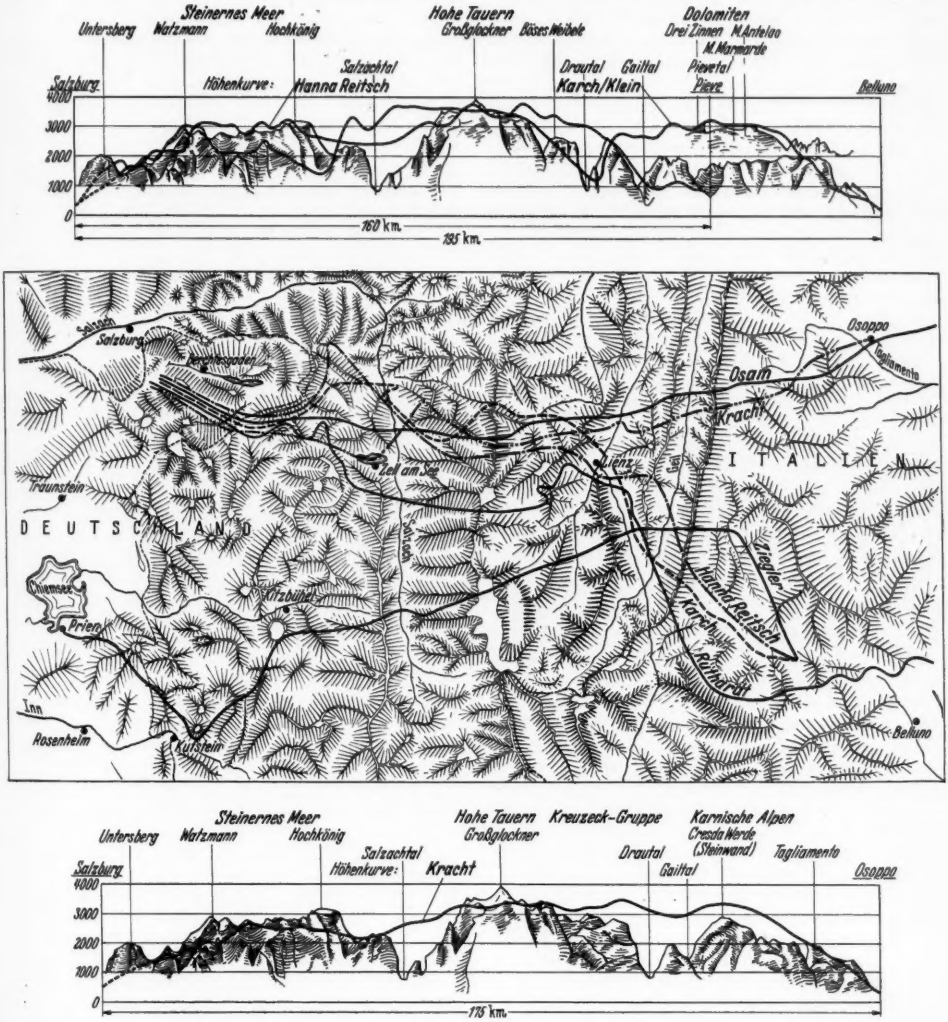


Fig. 2. Die ersten Alpenüberquerungen im Segelflugzeug. Aufriß und Grundriß der Flugbahnen.

durchgeführt. Im Mai dieses Jahres war diesen Vorversuchen der Erfolg beschieden, indem anläßlich der Tagung der Internationalen Studienkommission für den motorlosen Flug 6 Segelflugzeuge die Ostalpen vollständig vom Nordrand bis zur italienischen Tiefebene überquerten. Fig. 2 gibt eine anschauliche Darstellung der eingeschlagenen Flugüber das Piavetal oder weiter östlich das Tal des Tagliamento die italienische Tiefebene erreichten. Kein Flug vermag das Können unserer Segelflieger in hellerem Licht zu zeigen, als die Flüge ohne motorische Kraft über die Firnfelder, Grate und Schroffen der Hochalpen, wo schmale Aufwindgebiete an steilsten Felsabbrüchen, Gebiete, die

der Flieger sonst meidet, von dem Segelflieger gerade aufgesucht werden mußten und wo hinter jedem Gipfelgrat damit gerechnet werden mußte, daß das Flugzeug auf das Firnfeld herabgedrückt wird. Die Erhabenheit des Menschenfluges haben wohl die Segelflieger am stärksten erlebt, welche die vereisten Hochgipfel drohend zu sich emporragen sahen und diese überwältigende Natur sich zum Freunde gemacht haben, indem sie die von den Felsschroffen ausgehenden Aufwinde ihrem Fluge dienstbar machten.

Die Überquerung der Alpen ist das erste Ziel der Alpenforschungsflüge gewesen. Sie bildet keineswegs ihren Abschluß. Nachdem nunmehr das große Ziel der Alpenüberquerung im Segelflugzeug errungen ist, setzt die eigentliche Erschließung der Segelflugmöglichkeiten im Alpengebiet ein. Alpenüberquerungen werden Einzelleistungen bleiben müssen, aber Segelflugmöglichkeiten, die durch die Alpen geschaffen werden, können dem allgemeinen Segelflug nutzbar gemacht werden. Der Alpenföhn erschließt weite Möglichkeiten der Leistungssteigerung im Segelflug, auf die wir an späterer Stelle zurückkommen werden.

Der Rückblick auf die fliegerischen Leistungen im Segelflug der letzten Jahre hat uns eine Übersicht über die gegenwärtigen Aufgaben und die verfolgten Ziele des deutschen Segelfluges vermittelt. Zwei allgemeine Gesichtspunkte ergeben sich aus ihr. Der Zielflug muß sich ausgestalten zum Wandersegelflug, da wir auf diesem Wege zum Allwettersegelflug fortschreiten können. Die Gebirgssegelflüge, welche im Riesengebirge und in den Alpen durchgeführt worden sind, stellen den durch die Erschließung des thermischen Segelfluges zurückgedrängten Hangsegelflug wieder stärker in den Vordergrund und fordern neben der Beachtung der thermischen Segelflugmöglichkeiten die verstärkte Erschließung der dynamischen Aufwinde an Gebirgshindernissen.

Höchstleistungen im Segelflug, von einzelnen im fliegerischen Kampfgeist erflogen, sind Pionierleistungen des Fortschrittes und deshalb für eine allgemeine Leistungssteigerung unentbehrlich. Den Einzelleistungen von Nehring, Grönhoff, Dittmar und Oeltschner folgte der Aufstieg der Gesamtleistung des deutschen Segelfluges. Deshalb gehört zu einer Überprüfung der Leistungsmöglichkeit des Segelfluges eine Beurteilung der Möglichkeit weiterer Steigerung der bisherigen Spitzenleistungen. Fig. 3 zeigt uns den Aufstieg der Höchstleistungen im Strecken- und Höhenflug in der 17jährigen Entwicklung des deutschen Segelfluges. Von kleinsten Anfängen ist in Deutschland der Streckenflug auf 503 km bis zum Jahre 1935 und der Höhenflug bis zu 5500 m über Start bis zum Jahre 1937 gestiegen. In der Streckenleistungskurve und der Höhenleistungskurve drücken sich deutlich 3 Abschnitte der Entwicklung aus. Die Streckenkurve offenbart einen deutlichen Übergang zu steilerem Anstieg im Jahre 1928, der bis zum Jahre 1935 anhält, um dann eine vorläufige Unterbrechung der Leistungssteigerung aufzuweisen. Die Höhenleistungskurve offenbart den gleichen Knick im Jahre 1928 und im Gegensatz zum Streckenflug einen neuen starken Anstieg im Jahre 1937. Gerade dieses unstetige, sprunghafte Ansteigen der Leistungskurve weist darauf hin, daß diese Leistungssteigerungen mit neuen Erkenntnissen der Segelflugmöglichkeiten im Zusammenhang stehen und damit neue Wege dem Segelflug eröffnet haben. Das Jahr 1928 hat dem Segelflug die Erschließung des thermischen Aufwindes gebracht und damit eine Loslösung des Segelfluges von der örtlichen Gebundenheit an die Hangaufwinde des Gebirges zur Folge gehabt. Die Jahre 1928—1936 offenbaren die lange, erfolgreiche Entwicklungsperiode des thermischen Segelfluges, die von Jahr zu Jahr mit steigender Erfahrung steigende Leistungen der Strecke und Höhe auslöste und im Streckenflug 1935 mit 503 km, im

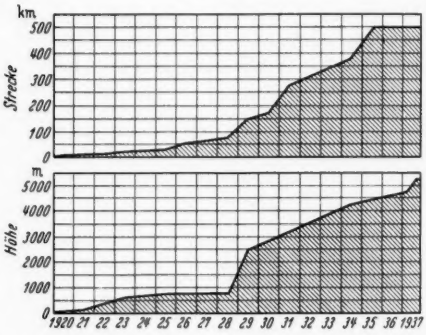


Fig. 3. Höchstleistungen im Strecken- und Höhenflug 1920—1937.

Höhenflug im Jahre 1934 mit 4350 m Höhe gipfelte. Im Höhenflug setzte im Jahre 1937 ein neuer Aufstieg ein, der bisher ohne Einfluß auf den Streckenflug geblieben ist und gerade dadurch eine Besonderheit offenbart. Die Entwicklung der jüngsten Höhenflugleistung bedeutet bis zu einem gewissen Grade eine Loslösung vom thermischen Segelflug und eine Rückkehr zu den dynamischen Aufwinden der Luftströmung im Umkreis eines Gebirgshindernisses, also eine Rückkehr zum Hangsegelflug früherer Jahre, wenn auch in ganz anderer Form als in den Anfangsjahren des Segelfluges. Die Gebundenheit dieser neuerschlossenen Segelflugmöglichkeit an das Gebirge offenbart sich aber in der bisher fehlenden Rückwirkung der Höhenflüge auf die Streckenflugleistung im Segelflug.

Zwei Hauptfragen der Leistungsmöglichkeiten im Segelflug offenbaren uns also die beiden Kurven der größten Strecken- und Höhenflüge:

1. Hat der Streckensegelflug seine Höchstgrenze durch Ausschöpfung der Möglichkeiten des thermischen Segelfluges mit der bisherigen deutschen Höchstleistung von 503 km erreicht — oder gibt es Wege, die zu einer weiteren Steigerung der Streckenhöchstleistung führen?

2. Wie sind die ungeahnten, außerordentlichen Höhen im Segelflugzeug, die erstmalig im Riesengebirge erflogen worden sind, zu erklären? Sind sie auf andere Gebiete übertragbar und welche Höhensteigerung lassen sie weiterhin erwarten?

Zur Klärung der ersten Frage können wir uns nicht allein darauf beschränken, eine Überbietung des bisherigen Streckenrekordes bei einer besonders günstigen Wetterlage zu versuchen. Derartige Wetterlagen dürften zu selten sein, um von ihnen allein die Leistungssteigerung im deutschen Segelflug abhängig zu machen. Wir müssen uns vielmehr bemühen, dem besten Piloten das vollkommenste Flugzeug zur Verfügung zu stellen und deshalb vom Konstrukteur eine weitere Vervollkommnung der Segelflugzeuge fordern. Im letzten Jahr ist die Frage der konstruktiven Weiterentwicklung der Segelflugzeuge im Rahmen der Ausschußarbeiten der Lilienthalgesellschaft eingehend erörtert worden und dabei wurden Richtlinien aufgestellt, welche zu einer wesentlichen Verbesserung der Leistungen unserer Segelflugzeuge führen können. Der Konstrukteur, welcher das geeignete Flugzeug schafft, nimmt im allgemeinen wenig Anteil an dem Ruhm, den der Pilot im Fluge erntet. Und doch muß man sich bewußt sein, daß der Aufstieg des deutschen Segelfluges zu nicht geringem Teil der Arbeit des Konstrukteurs zu verdanken ist. Wir sind uns alle klar darüber, daß der deutsche Segelflug ein frühzeitiges Ende gefunden hätte, wenn nicht zur rechten Zeit Professor MADELUNG das Segelflugzeug „Vampyr" geschaffen hätte, welches erstmalig die Grundprinzipien eines Leistungssegelflugzeuges, geringe Sinkgeschwindigkeit bei gutem Gleitwinkel, verwirklichte und als erstes Flugzeug geringsten Widerstandes bei großer Spannweite Vorbild für alle späteren Konstrukteure geworden ist. Nächst dem „Vampyr" treten in dem großen Stammbaum der deutschen Segelflugzeuge weiterhin das Segelflugzeug „Konsul" der Akademischen Fliegergruppe Darmstadt hervor, bei dem die Spannweite des freitragenden Flügels erstmalig auf 19 m gesteigert worden ist und welches durch die Anwendung gedämpfter Höhen- und Seitenruder besonders gute Flugeigenschaften aufwies. Lange Zeit wurde der Segelflug von dem Grundsatz beherrscht, Leistungssteigerung durch eine Vergrößerung der Spannweite zu erzielen. Erst als die Spannweite die Grenzen des Tragbaren erreicht hatte, ja im Einzelfall übernatürliches Ausmaß angenommen hatte, setzte eine Rückentwicklung ein. In neuerer Zeit sind von MUTTRAY dem Segelflugzeugbau neue Wege gewiesen worden, indem er auf dem Versuchswege nachgewiesen hat, daß die aerodynamische Güte eines Segelflugzeuges wesentlich durch eine zweckmäßige Formgebung des Rumpfes und eine gute Zusammenfügung von Rumpf und Flügel gesteigert werden kann. MUTTRAY schlägt vor, den Rumpf durch seine Form und durch den allmählichen Übergang der Rumpfhöhe zur Flügeldicke gewissermaßen in den Flügel aufzunehmen und hierdurch eine wesentliche Herabsetzung des Rumpfwiderstandes zu erreichen. Weiterhin zeigen die Untersuchungen MUTTRAYS, daß Mitteldecker und Tiefdeckertypen gegenüber dem bisherigen Standardtyp im Segelflug, dem Hochdecker, aerodynamische Vorzüge aufweisen. Nachdem LIPPISCH im Jahre 1931 erstmalig dazu übergegangen war, den Segelflieger durch eine Haube über dem Führersitz nach außen abzudecken und so eine Unterbrechung der Rumpfform zu verhüten, und weiterhin die Anwendung des Knickflügels einführte, der außer der Verbesserung der Flugeigenschaften den notwendigen Flügelabstand vom Boden gewährleistet, war der Weg für die Verwendung der Mitteldecker im Segelflugzeugbau frei. Sie hat sich in den letzten Jahren durchgesetzt. Die von LIPPISCH geschaffenen Flugzeuge „Fafnir I" und „Sao Paulo" (Fafnir II) sind deshalb

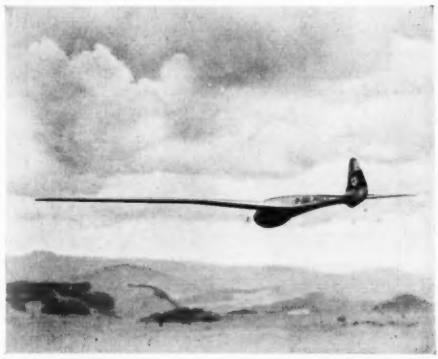


Fig. 4. Segelflugzeug „Sao Paulo" (Muster Fafnir II).

von grundlegender Bedeutung geworden. Die aerodynamische Güte des Segelflugzeuges „Sao Paulo" (Fig. 4), welches die Grundgedanken von MUTTRAY durch Einbeziehung des Rumpfes in den Flügel in weitgehendem Maße verwirklichte, hatte zur Folge, daß die hohe Flächenbelastung dieser Segelflugzeuge mit 22,5 kg/qm sich fliegerisch kaum schädlich auswirkte, sondern sich für Fernsegelflüge durch die erzielte hohe Geschwindigkeit sogar günstig erwies. Einen Vergleich der Leistungen der bekanntesten heute eingesetzten Segelflugzeuge gibt Tabelle 1.

Fragen wir uns, durch welche Maßnahmen heute noch wesentliche Leistungsverbesserungen erzielt werden können, so sind dies in erster Linie die Verringerung des Rüstgewichtes, die Verringerung des Flügelquerschnittes, Verbesserung der aerodynamischen Formgebung. H. JACOBS hat den Einfluß dieser Maßnahmen auf die Leistung eines Segelflugzeuges untersucht und ist zu dem in Fig. 5 dargestellten Ergebnis gelangt. Ein Segelflugzeug mit einem Rüstgewicht von 200 kg, welches bei 50 km/Std. eine Sinkgeschwindigkeit von 0,52 m/Sek. und bei 100 km/Std. eine solche von

Tabelle 1. Flugleistungen bekannter Segelflugzeuge.

Segelflugzeuge:	Rhönsperber	Minimoa	Windspiel	Sao Paulo	Reiher (rechnerisch)
Geringstsinkgeschwindigkeit	0,73	0,70	0,58*	0,63	0,47 m/Sek.
Geringstgeschwindigkeit	50,4	54,0	—	54,0	41,0 km/Std.
Beste Gleitzahl	1:21,6	1:25,7	1:22*	1:26,0	1:33
Geschwindigkeit bei bester Gleitzahl	63,0	69,8	56,0*	66,5	70 km/Std.
Sinkgeschw. bei einer Bahngeschw. von 100 km/Std.	1,74	1,52	—	1,36	1,25 m/Sek.

1,85 m/Sek. besitzt, kann durch die erwähnten konstruktiven Verbesserungen auf eine Sinkgeschwindigkeit von 0,47 bei 50 km/Std. und von 1,25 m/Sek. bei 100 km/Std. Geschwindigkeit kommen. Die Verbesserung ist also namentlich bei

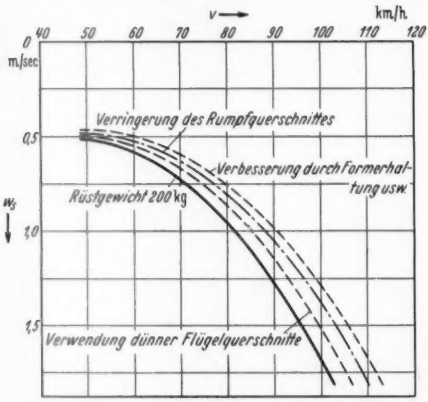


Fig. 5. Verbesserung der Sinkgeschwindigkeitspolare eines Segelflugzeuges durch konstruktive Maßnahmen.

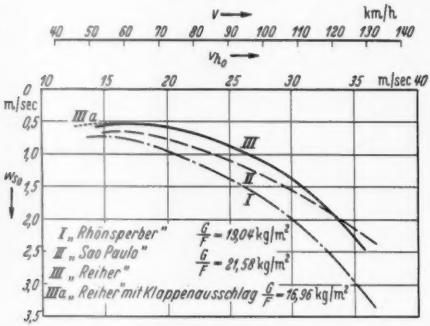


Fig. 6. Geschwindigkeitsdiagramm der Segelflugzeuge „Rhönsperber", „Sao Paulo" und „Reiher".

großen Geschwindigkeiten eine entscheidende. Die Abteilung Segelflug der Deutschen Forschungsanstalt für Segelflug hat bei ihrer jüngsten Entwicklung des Leistungssegelflugzeuges „Reiher" von diesen Verbesserungsmöglichkeiten weitgehend Gebrauch gemacht. Sie vermochte die Gleitzahl auf 1 : 33 gegenüber der bisher günstigsten Gleitzahl von 1 : 26 herabzusetzen. Ein Vergleich des Geschwindigkeitsdiagrammes des Segelflugzeuges Reiher mit anderen bekannten Mustern (Fig. 6) ergibt die wesentlichen Verbesserungen der Flugleistungen im Geschwindigkeitsbereich von 55—120 km/Std., die sich gerade für Fernsegelflüge besonders günstig auswirken. Der Konstrukteur hat somit dem zu erstrebenden Ziele der Steigerung der Streckenhöchstleistung in erfolgversprechender Weise vorgearbeitet.

Von außerordentlichem Wert für den gesamten Segelflug sind die ebenfalls von H. JACOBS entwickelten Luftbremsen der Segelflugzeuge, die es ermöglichen, die sehr hohen Sturzfluggeschwindigkeiten der Segelflugzeuge, welche allzu leicht zu

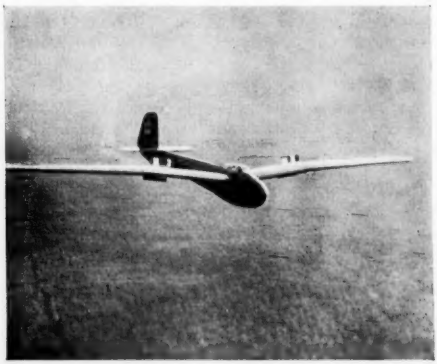


Fig. 7. Segelflugzeug mit ausgefahrenen Bremsklappen.

Überbeanspruchungen und Bruch in der Luft führen können, auf ein erträgliches Maß herabzusetzen. Die Bremsflächen sind auf der Saug- und Druckseite der Tragflächen so angeordnet, daß sie eingefahren das Profil nicht stören und beim Ausfahren nicht ruckartig, sondern allmählich wirksam werden und so Überbeanspruchung des Tragwerkes vermeiden (Fig. 7). Als Beispiele der Wirksamkeit der Bremsklappen sei hervorgehoben, daß bei dem Segelflugzeug Rhönsperber die Sturzfluggeschwindigkeit von 415 km/Std., welche dieses Flugzeug niemals aushalten würde, auf das erträgliche Maß von 190 km/Std. gesunken ist. Die Sturzflugbremsen sind heute so weit erprobt, daß sie allgemeine Anwendung im Segelflugzeug finden können. Das bedeutet nicht nur eine erhebliche Sicherung im Kunst- und Wolkenflug, sondern ermöglicht auch eine wesentliche Leistungssteigerung, da die Gefahren des Aufstieges eines Segelflug-

zeuges in einer Cumuluswolke durch die Luftbremse erheblich herabgemindert sind und der Versuch, sehr große Höhen durch Aufstieg in einer Wolke zu erreichen, sich nunmehr durchaus verantworten läßt, so daß nun die in den Wolken auftretenden außerordentlich kräftigen Aufwinde

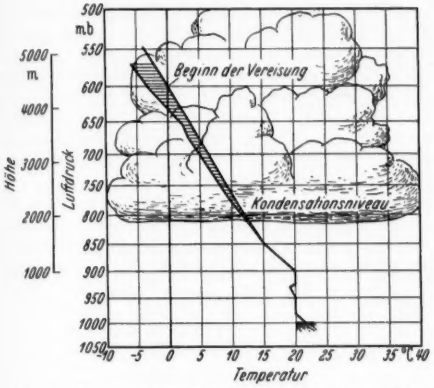


Fig. 8. Temperaturzustandskurve der Atmosphäre.

nutzbar gemacht werden können. Die Vereisungsgefahr, die in solchen Wolken zu erwarten ist, darf natürlich nicht unterschätzt werden. Sie kann dadurch herabgemindert werden, daß in erster Linie Tage ausgewählt werden, wo die Gefrierpunktstemperatur über 4000 m Höhe liegt. Fig. 8 zeigt eine solche Wetterlage, bei der erst in 4300 m Vereisungsgefahr einsetzt. Die Aufwindgeschwindigkeiten dieses Tages sind rechnerisch abgeleitet und ergeben die Möglichkeit sehr schnellen Aufstiegs in der Wolke bis in große Höhen.

Die auf diese Weise erreichte große Höhe läßt sich in vielen Fällen unter günstigeren Bedingungen über den Wolken für Streckenflüge ausnutzen, als dies bisher unter den Wolken geschehen ist. Bei sehr starker Cumulusbewölkung, welche den größten Teil des Himmels bedeckt, ist unter den Wolken sehr schwer das Aufwindgebiet der hohen Cumuli zu finden, und viel Zeit wird im Fluge durch das Suchen nach Aufwind verbraucht. Steigt man in einem Cumulus auf etwa 3000 m Höhe, dann hat man in dieser Höhe einen ausgezeichneten Überblick über die einzelnen hochschießenden und bestimmt Aufwind gebenden Cumuli und kann so seinen Streckenflug von Cumulus- zu Cumuluskopf viel leichter über den Wolken durchführen als in den tieferen Schichten, wo der Überblick über die Aufwind spendenden Wolken fehlt.

Um die Frage der Möglichkeit der Steigerung der bisherigen deutschen Streckenhöchstleistung zu prüfen, untersuchen wir zunächst die Umstände, welche große Streckenflüge im Jahre 1935 ermöglicht haben. Legen wir den normalen Reisesegelflug im thermischen Aufwind zugrunde, wobei das Segelflugzeug von Aufwindfeld zu Aufwindfeld fliegt und in diesem durch Kreisen Höhe sucht, um weitere Strecken zurücklegen zu können, so beträgt die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit des Segelflugzeuges 40 km/Std. Ein Segelflugzeug würde also für die Zurücklegung der Strecke von 500 km etwa 12 Flugstunden benötigen. So viele Stunden mit ausreichenden thermischen Aufwinden stehen aber an einem Flugtag nicht zur Verfügung. Fernsegelflüge über 400 km müssen Schnellflüge sein, bei welchen sich das Segelflugzeug möglichst wenig durch Kreisen in unregelmäßigen, örtlichen Aufwindfeldern aufhalten darf. Schnellsegelflüge erfordern ein über große Strecken verlaufendes, kontinuierliches Aufwindfeld, welches einen Segelflug in konstanter Höhe ermöglicht, wobei die Aufwindwirkung noch in Geschwindigkeit umgesetzt werden kann. Solche kontinuierlichen Aufwindgebiete liefern die Wolkenstraßen, welche sich im Sommer bei guter Thermik und gleichzeitiger größerer Windgeschwindigkeit über große Strecken häufig entwickeln. Es erweist sich besonders günstig, daß diese Wolkenstraßen in der Windrichtung liegen, so daß die zusätzliche Windgeschwindigkeit dem Segelflugzeug eine große Reisegeschwindigkeit gibt. Ein Beispiel einer solchen Wolkenstraße gibt Fig. 9. Die Barogramme von Segelflugzeugen, welche unter solchen Wolkenstraßen entlang fliegen, weichen wesentlich von den normalen thermischen Segelflugbarogrammen ab. Während die letzteren

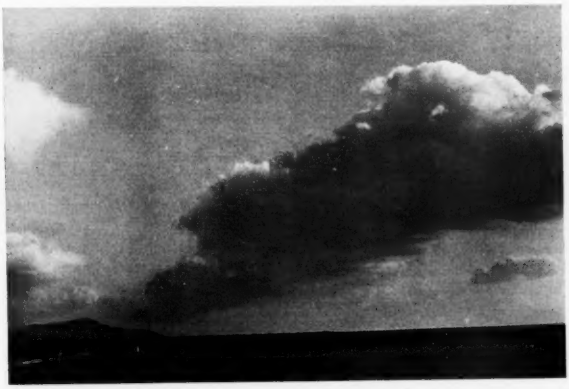


Fig. 9. Wolkenstraße vor der Bergstraße bei Darmstadt.

entsprechend der Methodik des thermischen Segelfluges große Höhenschwankungen aufweisen, zeigen die Flugbahnen unter Wolkenstraßen entsprechend dem kontinuierlichen Aufwindfeld nur geringfügige Höhenänderungen des Segelflugzeuges.

Auch die großen Fernsegelflüge von 500 km am 29. Juni 1935 sind unter Wolkenstraßen durch-

geführt worden. Wie einheitlich an diesem Tage die Wolkenstraßen in südöstlicher Flugrichtung ausgebildet waren, ergibt sich schon daraus, daß 4 deutsche Segelflugzeuge unabhängig voneinander die gleiche Flugstrecke über 503 km von der Wasserkuppe nach Brünn in der Tschechoslowakei zurückgelegt haben. Bei einer Windgeschwindigkeit von etwa 50 km/Std. konnten die deutschen Segelflugzeuge Fluggeschwindigkeiten von 80—90 km/Std. erreichen. Die Reisegeschwindigkeit des Segelflugzeuges Condor II, mit Dittmar als Pilot, betrug am 29. Juli 1935 sogar 122 km/Std. Diese Ergebnisse zeigen, daß bei Wolkenstraßenwetter und gleichzeitiger ausreichender Windgeschwindigkeit eine Steigerung der Streckenhöchstleistung auf 700—800 km möglich sein muß. Voraussetzung dazu ist ein Tag, an dem sich ein Segelflugzeug 7—8 Stunden in der Luft halten kann und der Flug mit einer Geschwindigkeit von 100 km/Std. durchgeführt wird. Es ist klar, daß man nicht erwarten kann, diese Wetterlage unter allen Umständen während der befristeten Dauer eines Rhönwettbewerbes anzutreffen. Normalerweise liegen auch auf der Wasserkuppe die Startzeiten später als in der Ebene. Einen derartigen Fernsegelflug über 700 km setzt man am zweckmäßigsten in der Norddeutschen Tiefebene an, da sich über der Ebene auch die Wolkenstraßen viel regelmäßiger ausbilden als im Gebirge. Bereitschaft ist für die Erzielung einer Höchstleistung im Segelflug unbedingte Notwendigkeit, da nur durch sie eine seltene, günstige Wetterlage ausgenutzt werden kann. Die jederzeitige Einsatzbereitschaft einiger Segelflugzeuge gehört deshalb nicht minder zu den Möglichkeiten der Leistungssteigerung im Segelflug. Um etwa im nächsten Sommer einen Streckenflug über 700—800 km durchführen zu können, wird deshalb vorgeschlagen, mehrere Segelflugzeuge im norddeutschen Flachland bereitzuhalten, welche auf die Benachrichtigung durch die D.F.S. bei geeigneter Wetterlage sofort zum Fernsegelflug starten können.

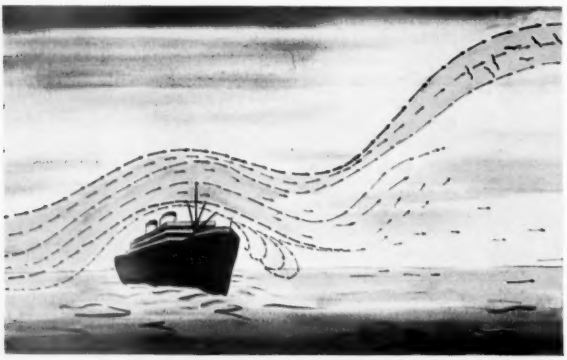


Fig. 10. Luftströmung beiderseits eines Schiffes nach Messungen.

Durch die Erfolge des thermischen Segelfluges ist der Hangsegelflug, der Segelflug in der Aufwindströmung eines Gebirges, während der letzten Jahre ganz zurückgetreten. Erst Entdeckungen, die an der Segelflugschule Grunau bei bestimmter Richtung des Windes im Lee des Riesengebirges gemacht worden sind und bei welchen Höhen bis zu 6000 m von Grunauer Segelfliegern erreicht worden sind, haben die Aufmerksamkeit wieder auf das Problem der Luftströmung an Gebirgshindernissen gelenkt und haben den Segelflug an Gebirgen vor ganz neue Aufgaben gestellt. Das Problem des sog. *Wellensegelfluges* ist an und für sich schon länger bekannt. Auf der Reise nach Südamerika hat die deutsche Segelflugexpedition bei seitlicher Windrichtung zum Schiff Möwen in Höhen bis zu 200 m in einem seitlichen Abstand von 600 m zum Schiff segelnd über dem Ozean beobachtet. Strömungsmessungen der Luft auf der Leeseite des Schiffes ergaben das in Fig. 10 dargestellte Bild. Man sieht, daß bei hinreichender Windgeschwindigkeit hinter dem Schiff eine Luftwelle mit großer Amplitude und Wellenlänge zur Ausbildung kommt, welche das Schiff seitlich begleitet, und deren aufsteigende Bewegung von den Möwen zum Segelflug benutzt wird. Ganz die gleichen Wellen wurden von der D.F.S. im Lee der Dünen von Rossitten bei Westwind über dem Kurischen Haff schon im Jahre 1928 vermessen (Fig. 11). Es ist eine der schönsten Leistungen im deutschen Segelflug, daß die Grunauer Segelflieger diese Wellen im Lee des Riesengebirges entdeckt und ihre große Bedeutung für den Segelflug nachgewiesen haben. Fig. 12 zeigt die Darstellung von Wellensegelflügen bei Föhn am Riesengebirge, wie sie von P. STEINIG auf Grund von Segelflügen abgeleitet worden ist. Bei kräftigem Südwind (in vorliegendem Beispiel Windgeschwindigkeit in der Höhe = 17 m/Sek.) bilden sich auf der schlesischen Seite des Riesengebirges häufig mehrere Wellen in der Luftströmung aus. An dem fraglichen Tage, dem 1. Oktober 1935, wurde von mehreren Segelflugzeugen die zweite Welle, welche über Warmbrunn gelegen war, im Segelflug ausgenutzt. Die Flugbahn der Segelflugzeuge ist in der Darstellung durch gestrichelte Kurven veranschaulicht. Es zeigt sich, daß ein Segelflugzeug eine Höhe von 2500 m im

Tabelle 2. Windverhältnisse am 1. X. 1935, 8 Uhr.

Höhe	Prag		Breslau		Schneekoppe	
	Richtung	Geschwindigkeit m/Sek.	Richtung	Geschwindigkeit m/Sek.	Richtung	Geschwindigkeit m/Sek.
Boden	SW	3	S	1	SSW	17
1000 m	SW	7	—	—		
2000 m	S	10	—	—		
3000 m	S	17	—	—		

Aufwind der Welle erreichen konnte. Flog das Segelflugzeug nach rückwärts in den absteigenden Ast der Welle, so verlor es in dem hier herrschenden Abwind seine Höhe, konnte sie aber ohne sonderliche Mühe wieder erreichen, sobald es wieder vor die Welle in das Gebiet des Aufwindes flog. Das Flugbarogramm der Fig. 12 zeigt dreimal ganz den gleichen Verlauf des Aufstieges auf 2500 m vor der Welle und des Absinkens auf 1200 m im rückwärtigen Teil der Welle. Auch die Flugbahn des zweiten Segelflugzeuges zeigt ganz die gleichen Verhältnisse. Es verlor seine Höhe, sowie es vom aufsteigenden Ast der zweiten Welle in das davor gelegene Abwindgebiet der ersten Welle flog. Durch Rückkehr zur zweiten Welle konnte es ohne weiteres seine ursprüngliche Höhe wieder erreichen.

Die D.F.S. hält das deutsche Alpenvorland für die Erforschung des Wellensegelfluges für besonders geeignet, weil die Höhe der Alpen eine noch mächtigere Entwicklung der Föhnwellen erwarten läßt. In diesem Herbst sind bei geeigneter Wetterlage Luftwellenuntersuchungen von der D.F.S. bei Südföhn in den Alpen in der Gegend von Murnau und am Chiemsee durchgeführt worden. Die vorläufigen Ergebnisse dieser Segelfluguntersuchungen sind in Fig. 13 dargestellt. Bei schwächerem Wind unter 50 km/Std. bilden sich kleinere Wellen über dem Gebirge selbst aus. Dieser Zustand ist in der rechten Hälfte der Figur dargestellt. Wächst die Windgeschwindigkeit über 50 km/Std., so wachsen auch die Wellenlängen und die Hauptwellen treten nunmehr vom Gebirge auf das Vorgelände der Leeseite über. Linsenförmige Föhnwolken, in Wellenbänken angeordnet, — im Riesengebirge Moatzagotl genannt, — kennzeichnen die Wellenberge und

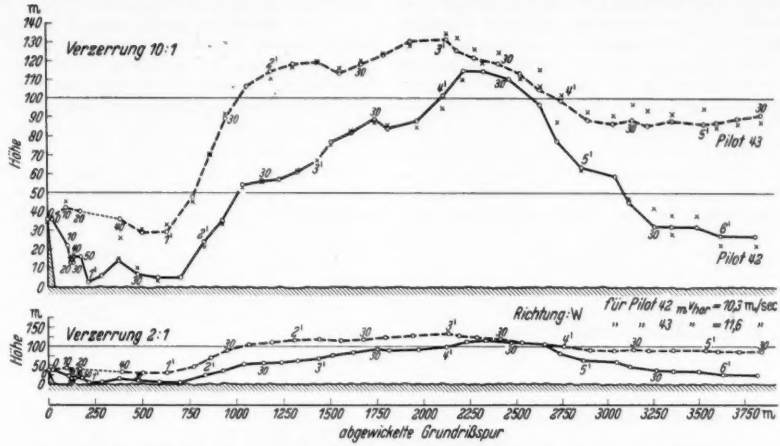


Fig. 11. Flugbahnen statisch ausgewogener Pilotballone im Lee von Dünen.

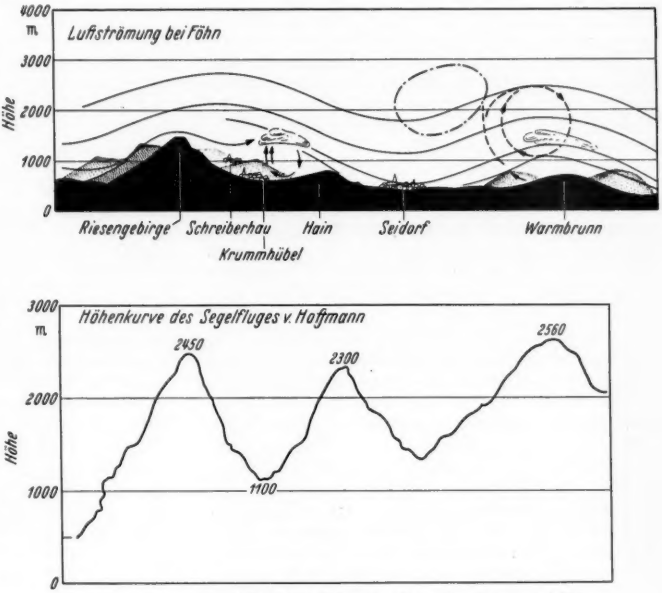


Fig. 12. Wellensegelflüge bei Föhn im Lee des Riesengebirges.

geben einen Hinweis, wo der Aufwind im Segelflugzeug zu suchen ist. Die bisherigen Beobachtungen lassen es durchaus als möglich erscheinen, daß die Wellen sich bis an die Grenze der Troposphäre erstrecken, ja daß selbst die Luftmasse der Stratosphäre die Schwingungen noch mitmacht. Dadurch rückt die im Segelflugzeug zu erreichende Höhe bei Wellensegelflug am Gebirge gewaltig nach oben. Wenn es möglich ist, die außerordentliche physische Beanspruchung des Piloten durch Sauerstoffmangel und Kälte herabzumindern, ist es unter diesen Umständen durchaus denkbar, eine Höhe von 10000 m im Segelflugzeug zu erreichen. Vorläufig ist der Wellensegelflug noch etwa 10 Uhr vormittags 250 km zurücklegt. Nunmehr setzen außerhalb des Alpengebietes die normalen thermischen Aufwinde ein, an welche das Segelflugzeug Anschluß finden muß. Der Rest des Tages steht nunmehr dem Segelflugzeug für einen thermischen Streckenflug zur Verfügung, auf dem es bis zum Abend nochmals 500 km zurücklegen kann. Durch diese Kombination von Wellensegelflug am frühen Morgen und thermischen Segelflug untertags ist es ebenfalls möglich, Flugstrecken von etwa 800 km im Segelflugzeug an einem Tag zurückzulegen. Ein solcher Flug wäre beispielsweise am 21. Mai vorigen Jahres denkbar gewesen. Leider sind die geeigneten Wetterlagen sehr selten.

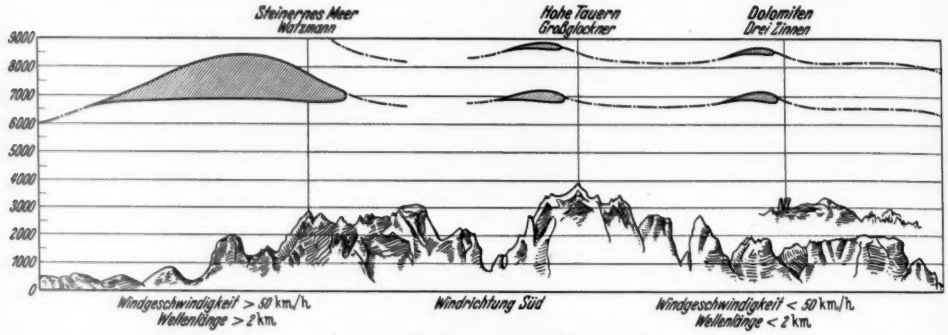


Fig. 13. Föhnwellen im Alpengebiet.

an Gebirge gebunden. In Deutschland ist der Wellensegelflug bei geeigneter Windrichtung am Riesengebirge, den Voralpen, auf der Nordseite des Thüringer Waldes und in schwächerem Ausmaß am Teutoburger Wald möglich.

Der Wellensegelflug ist ein reines Luftströmungsproblem und deshalb unabhängig von den Tages- und Jahreszeiten, welche für thermische Segelflüge in Frage kommen. Wellensegelflug ist in der Nacht und im Winter möglich, ja die Bedingungen sind zu dieser Tages- und Jahreszeit sogar besonders günstig, da die regelmäßige Ausbildung der Wellen eine stabile Atmosphäre voraussetzt, welche im Sommer und am Tage bei kräftiger Sonneneinstrahlung nicht vorhanden ist. Seine Hauptzeit fällt in den Herbst und Winter, in die Zeit des kräftigsten Föhnes bei südlichen Winden. Die großen Höhen, welche im Wellensegelflug erreichbar sind, lassen sich nicht unmittelbar für die Steigerung der Streckenleistung ausnutzen, da eine erreichte Höhe von 7000 m selbst bei günstigstem Gleitwinkel von etwa 1:40 in der Ausnutzung im Rückenwind nur eine Flugstrecke von 280 km erbringt. Immerhin ist der Fall denkbar, daß ein Segelflugzeug am frühen Morgen, bevor die Tagesthermik einsetzt, bei Alpenföhn große Höhen im Wellensegelflug erreicht, mit dieser Höhe nordwärts auf Strecke geht und auf diese Weise bis Ihre Ausnutzung kann nur eine zufällige und kaum eine planmäßige sein.

Zusammenfassend können wir sagen: Eine Steigerung der Höhenleistung im Segelflugzeug ist durch planmäßige Erforschung des Wellensegelfluges bei guter Ausrüstung mit Höhenatmungsgerät und Kälteschutz ohne weiteres möglich. Der Weg für die Steigerung der Streckenleistung ist zwar vorgezeichnet, doch hängt der Erfolg nicht so sehr vom fliegerischen Können des Piloten und der technischen Leistung des Flugzeuges als vor allem von der besonderen Gunst einer ausgezeichneten Wetterlage ab. Bereitschaft führt auch hier am sichersten zum Erfolg, damit die vielleicht nur einmal im Jahr gegebene Situation rechtzeitig ausgenutzt wird.

Neue Segelflugmöglichkeiten zu erschließen, ist Atmosphärenforschung. Segelflugmöglichkeiten verwertbar zu machen durch Schaffung des geeigneten Flugzeuges, ist eine flugtechnische Aufgabe. Den gegebenen Segelflugmöglichkeiten im Segelflugzeug den Flugerfolg abzuringen, ist Aufgabe des Fliegers. Forscher, Konstrukteur und Flieger haben in ihrer engen Zusammenarbeit dem deutschen Segelflug bisher seine überragende Stellung geschaffen. Sie werden auch in der Zukunft den gemeinsamen Weg zur Leistungssteigerung im Segelflug finden.

Ein neues langlebiges Umwandlungsprodukt in den Trans-Uranreihen[1].

Von O. Hahn, L. Meitner und F. Strassmann, Berlin-Dahlem.

Die Bestrahlung des Urans mit Neutronen führt, wie wir in früheren Arbeiten gezeigt haben, zu drei Umwandlungsreihen, die im folgenden angegeben sind[2]:

(1) $_{92}U + n \rightarrow (_{92}U + n) \xrightarrow[10\,Sek.]{\beta} {}_{93}EkaRe \xrightarrow[2{,}2\,Min.]{\beta} {}_{94}EkaOs \rightarrow$
$\xrightarrow[59\,Min.]{\beta} {}_{95}EkaIr \xrightarrow[66\,Std.]{\beta} {}_{96}EkaPt \rightarrow$
$\xrightarrow[2{,}5\,Std.]{\beta} {}_{97}EkaAu\ ?$

(2) $_{92}U + n \rightarrow (_{92}U + n) \xrightarrow[40\,Sek.]{\beta} {}_{93}EkaRe \xrightarrow[16\,Min.]{\beta} {}_{94}EkaOs \rightarrow$
$\xrightarrow[5{,}7\,Std.]{\beta} {}_{95}EkaIr\ ?$

(3) $_{92}U + n \rightarrow (_{92}U + n) \xrightarrow[23\,Min.]{\beta} {}_{93}EkaRe\ ?$

Bei der Reihe (1) konnte der Nachweis der Umwandlungsprodukte bis zum Eka-Platin ($Z = 96$) durchgeführt werden, das wegen seiner β-Strahlung in ein Eka-Gold ($Z = 97$) übergehen muß. Die Reihe (2) konnte nur bis zu dem Eka-Osmium verfolgt werden; in der Reihe (3) wurde nur ein β-strahlendes Uran von 23 Minuten Halbwertszeit aufgefunden, das in ein Eka-Rhenium übergeht, von dem wir zeigen konnten, daß es jedenfalls kein kurzlebiger β-Strahler ist. Diese Reihe nimmt auch insofern eine Sonderstellung ein, als sie durch einen typischen Resonanzprozeß erzeugt wird. Die Reihen (1) und (2) werden dagegen schon durch unverlangsamte Neutronen und besonders stark durch thermische Neutronen ausgelöst, ohne ein zwischenliegendes Resonanzgebiet zu haben, und die *relative* Wahrscheinlichkeit für ihre Auslösung erwies sich innerhalb unserer Meßgenauigkeit als unabhängig von der Energie der angelagerten Neutronen.

Die in den beiden Reihen auftretenden Umwandlungsprodukte stellen Isomerenpaare dar, derart, daß durchgängig das jeweilige Isomer der Reihe (2) die längere Lebensdauer besitzt. Es war daher zu vermuten, daß auch das etwaige Eka-Iridium in der Reihe (2) eine erheblich längere Halbwertszeit als 66 Stunden haben muß. Wir haben deshalb bei lang bestrahlten Uranpräparaten nach langlebigen β-strahlenden Trans-Uranen gesucht und möchten im folgenden über diese Versuche berichten.

Es wurden 10—20 g Uran eine Reihe von Monaten innerhalb Paraffin bestrahlt, so daß die nötigen Anregungsbedingungen für alle 3 Reihen gegeben waren. Nach der Bestrahlung wurden in der üblichen Weise die Transurane in salzsaurer Lösung durch Schwefelwasserstoffällung von Uran und Uran X abgetrennt. Da das Uran X praktisch im Gleichgewicht vorhanden war, wurden zur vollständigen Reinigung die Schwefelwasserstoffniederschläge mehrfach umgefällt. Die Messungen wurden immer erst nach dem Zerfall der Eka-Rhenium- und Eka-Osmiumisotope vorgenommen und erfolgten in den früher beschriebenen Zählapparaturen. Das Ergebnis eines solchen Versuches zeigt die Kurve A der Figur. Für diesen Versuch waren 20 g Uran 80 Tage lang mit einer Radium-Beryllium-Quelle von etwa 400 mg γ-Strahlungsäquivalent bestrahlt worden. Die Kurve A zeigt keinen einheitlichen exponentiellen Abfall, sondern weist deutlich auf das Vorhandensein zweier Umwandlungsprodukte hin. Der anfängliche schnelle Abfall rührt zweifellos von dem Eka-Iridium von 66 Stunden Halbwertszeit her. Der langsamere Abfall entspricht einer Halbwertszeit von ungefähr 60 Tagen.

Es könnte vielleicht der naheliegende Einwand erhoben werden, daß diese langsame Abnahme von einem Gemisch aus Uran X und etwas Uran herrührt. Denn das ursprünglich vorhandene Uran X entsprach einer Aktivität von rund $2 \cdot 10^6$ Zählerausschlägen/Min. Ein bis zwei Hunderttausendstel dieser Menge hätten genügt, die langsam abnehmende Aktivität vorzutäuschen. Um aber statt der Abfallsperiode des Uran X von 24 Tagen eine solche von 60 Tagen zu erhalten, müßte über die Hälfte des Uran X im Gleichgewicht mit Uran sein, d. h. es müßte also eine erhebliche Aktivität nach

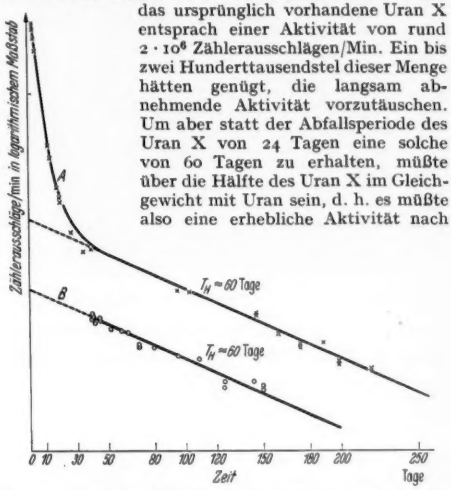


Fig. 1. $A = H_2S$-Niederschlag aus lang bestrahltem Uran. B = Sublimat aus einem 30 Tage alten entsprechenden H_2S-Niederschlag.

beliebig langer Meßzeit konstant übrigbleiben, abgesehen davon, daß die Abfallskurve nach verhältnismäßig kurzer Zeit umbiegen müßte. In Wirklichkeit zeigt die Kurve einen (geradlinigen) exponentiellen Verlauf über 4 Halbwertszeiten von 60 Tagen und die Aktivität nahm praktisch auf Null ab.

Zwei weitere Versuche mit lang bestrahlten Uranpräparaten führten zu den gleichen Ergebnissen.

Ein noch sichererer Beweis, daß der 60-Tage-Körper ein Transuran ist, wurde in folgender Weise erbracht.

Schon in der früheren Mitteilung[1] wurde gezeigt, daß die Transurane in der außerordentlich kleinen Konzentration, in der sie vorliegen, bei starkem Erhitzen flüchtig sind und sich daher durch Sublimation von ihren Trägersubstanzen abtrennen lassen. Am flüchtigsten erwies sich von den homologen Platinmetallen das Eka-Platin.

Ein den langsam abfallenden Körper enthaltender Platinsulfidniederschlag, der mehrfach umgefällt war, wurde einen Monat nach Unterbrechung der Bestrahlung sehr vorsichtig in einem Porzellantiegelchen verascht. Der Tiegel wurde dann, wie schon früher beschrieben[1], derart in eine dicke Asbestscheibe geklemmt,

[1] Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie. Eingegangen am 12. Juli 1938.

[2] O. Hahn, L. Meitner u. F. Strassmann, Ber. dtsch. chem. Ges. **70**, 1374 (1937) und Z. Physik **106**, 249 (1937).

[1] O. Hahn, L. Meitner u. F. Strassmann, l. c.

daß er von unten stark erhitzt werden konnte, ohne daß der obere Rand allzu heiß wurde. Dieser Tiegel war mit einer glatten Aluminiumfolie bedeckt, auf der als Kühlung ein mit Wasser und Eis gefülltes Metallschälchen stand.

Zunächst wurde nur schwach geglüht und dann die Aktivität der Sublimationsfolien gemessen. Sie war nur sehr gering. Daher wurde auf dieselbe Folie bei sehr starkem Glühen weiter sublimiert. Die Messung der Folie zeigte, daß jetzt etwas mehr als ein Drittel der Gesamtaktivität des Platinsulfidniederschlags sublimiert worden war. Der zeitliche Abfall dieser Aktivität ist in der Kurve B der Figur wiedergegeben. Der Abfall erfolgt wieder mit rund 60 Tagen Halbwertszeit. Es ist danach kein Zweifel, daß dieser 60-Tage-Körper ein Transuran ist.

Nicht ganz eindeutig ist die chemische Zuordnung dieses Transurans. Daß es das aus dem 23-Minuten-Uran entstehende Eka-Rhenium ($Z = 93$) ist, scheint aus gleichzeitig angestellten Parallelversuchen unwahrscheinlich, ganz ausschließen können wir es aber nicht. Damit ist zugleich die Wahrscheinlichkeit gering, daß es sich überhaupt um ein Produkt der Reihe (3) handelt. Ebenso scheint es uns unwahrscheinlich, daß ein aus dem 2,5-Stunden-Körper entstehendes Eka-Gold vorliegt. Ein Eka-Osmium ($Z = 94$) würde die Annahme einer neuen Umwandlungsreihe erfordern, da ja schon 2 Eka-Osmiumisotope bekannt sind.

Es bleibt als naheliegende Möglichkeit, daß es sich entweder um ein Eka-Iridium oder um ein Eka-Platin handelt. Das letztere ist durch den oben beschriebenen Sublimationsversuch sehr wenig wahrscheinlich, denn dieses hätte schon bei schwachem Glühen sublimieren sollen.

Am wahrscheinlichsten ist es daher, daß ein Eka-Iridium vorliegt, das der Reihe (2) zuzuordnen ist und aus dem Eka-Osmium von 5,7 Stunden Halbwertszeit entsteht. Wenn dieses Eka-Iridium entsprechend dem Umwandlungsschema der Reihe (1) in ein kurzlebigeres Eka-Platin von einem bis einigen Tagen Halbwertszeit überginge, hätten wir dieses Eka-Platin eigentlich auch finden sollen. Wie die Kurve A erkennen läßt, ist die Beteiligung des 60-Tage-Körpers im Verhältnis zu der des 66-Stunden-Körpers im Gleichgewicht mit dem 2,5-Stunden-Eka-Platin sehr klein. Sie beträgt (auf unendlich lange Bestrahlungsdauer korrigiert) rund 4%. In diese Zahl geht natürlich auch die relative Wahrscheinlichkeit für die Entstehung der Reihen (1) und (2) ein, die aber sicher von der Größenordnung 1 ist.

Daher spricht die gefundene geringe β-Aktivität ebenfalls dagegen, daß der 60-Tage-Körper, falls er ein Eka-Iridium ist, sich entsprechend der Reihe (1) in ein kurzlebiges β-strahlendes Eka-Platin verwandelt.

Zusammenfassung: Es wurde ein Trans-Uran von rund 60 Tagen Halbwertszeit aufgefunden, dessen genetische Einordnung noch unsicher ist. Am wahrscheinlichsten ist die Annahme, daß es sich um ein Eka-Iridium der Reihe (2) handelt.

Kurze Originalmitteilungen.

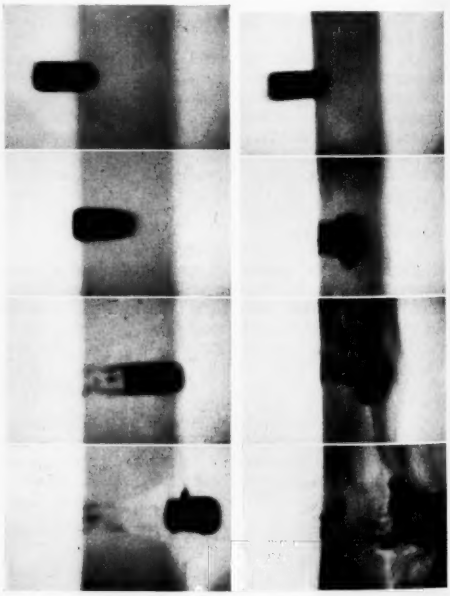
Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Röntgenblitzlichtaufnahmen von fliegenden Geschossen.

K. H. Kingdon und H. E. Tanis[1] haben kürzlich ein Entladungsrohr beschrieben, mit dem sie sehr intensive kurzzeitige Röntgenstrahlung erhalten haben. Ihre Anordnung besteht im wesentlichen darin, daß ein hochgeladener Kondensator von 25000 cm und etwa 100 kV sich über eine Funkenstrecke und über ein Quecksilberentladungsrohr mit Hg-Kathode entlädt. Auf die Anode des Quecksilberentladungsrohres treffen dabei während der Entladungsentwicklung Stromspitzen von größenordnungsmäßig 10^3 Amp auf, die kurzzeitig (Größenordnung $5 \cdot 10^{-6}$) eine intensive Röntgenstrahlung ergeben.

Wir haben unabhängig davon sehr ähnliche Versuche unternommen, die sich vor allem dadurch unterscheiden, daß an Stelle der Quecksilberkathode eine Glühkathode für mehrere 100 Amp Emissionsstrom verwendet wurde, wie sie von großen Glühkathodenstromrichtern her bekannt ist. Auch unser Entladungsrohr war mit Quecksilberdampf gefüllt. Durch besondere Formgebung der Anode (Tantal) und durch passend angeordnete Zwischenblenden erhielten wir einen Brennfleck auf der Anode von etwa 5 mm Durchmesser, mit dem es gelang, verhältnismäßig scharfe Bilder rasch bewegter Teile sowohl auf dem Leuchtschirm wie auf einem photographischen Film zu erhalten. Auch bei uns traten Spitzenströme gleicher Größenordnung auf, ohne die Kathode nach vielen tausend Einzelstößen irgendwie zu schädigen.

Die Figuren zeigen Momentaufnahmen vom Durchdringen einer Kleinkaliberkugel (Blei) durch ein Holzbrett. Es sind Einzelaufnahmen — keine Zeitlupe —; die verschiedenen Schußphasen wurden durch passende Einstellung eines elektrischen Zeitgliedes erhalten, das durch Zerschießen eines dünnen Drahtes ausgelöst wurde. Die Belichtungsdauer ist $\leqq 1 \cdot 10^{-6}$ sec. Durch das weiche Holz (*a*) dringt das Geschoß ohne wesentliche Deformation; am Schußkanal ist zurückbleibendes abgeschabtes Blei deutlich sichtbar. Das aus dem Ausschußkrater herausgedrückte Holz ist als — im Röntgenlicht natürlich nur schwacher — Schatten um das austretende Geschoß erkennbar. Beim Durchschuß durch das harte Holz (*b*) zeigt sich sehr bald eine starke Deformation des Geschosses, die sehr bald zu einer völligen Zersplitterung von Geschoß und Holz führt.



a (Erle). *b* (Weißbuche).

[1] Physic. Rev. **53**, 128 (1938).

Außer mit der Funkenstreckenschaltung haben wir unser Rohr auch mit einer Gittersteuerung betrieben, mit der es möglich ist, rasch umlaufende Teile (z. B. Schlitzscheibe auf 1500tourigem Motor) durch synchron gesteuerte Belichtungsstöße als ruhende Bilder auf dem Leuchtschirm zu sehen. Durch Änderung der Phasenlage der Zündimpulse lassen sich auch die Bewegungsvorgänge stroboskopisch beobachten.

Berlin-Siemensstadt, Siemens-Röhrenwerk, den 27. Mai 1938. M. STEENBECK.

Temperaturverteilung in geschichteten biologischen Geweben nach der Behandlung im elektromagnetischen Strahlenfeld mit Luft als Außenmedium.

Nachdem in systematischen Untersuchungen (W. BACH, Jenaer Diss.: erscheint demnächst) die Energieverteilung im Nahfeld eines Dipols bei verschiedenen Spiegelanordnungen ermittelt worden war und einige Vorversuche mit den heute maximal zur Verfügung stehenden Leistungen bei sehr kurzen Wellen deutlich meßbare Temperatursteigerungen in biologischen Substanzen ergeben hatten (K. SPILLER, Jenaer Diss.: erscheint demnächst), schien es uns wünschenswert, durch genauere Messungen an einem biologischen Phantom von praktischen Abmessungen Aufschluß über die bei Strahlenfeldbehandlungen erzielbaren Tiefenwirkungen zu erhalten. In den theoretischen Betrachtungen HOLLMANNS [Hochfrequenztechnik 50, 81 (1937)] zum gleichen Problem sind, abgesehen von der Unsicherheit der extrapolierten Materialkonstanten für das Dezimeterwellengebiet, soviel Vereinfachungen gegenüber der Wirklichkeit mit ihren in der Nahzone noch keineswegs quasioptischen Verhältnissen vorgenommen, daß erhebliche Abweichungen der rechnerischen Ergebnisse von der Wirklichkeit erwartet werden müssen[1].

Die von uns benutzte Anordnung wurde gemäß den BACHschen Optimalwerten aufgebaut. Zur Verfügung stand ein 100-Watt-Sender für $\lambda = 25$ cm und 2 rotationsparabolische Spiegel von 150 cm Öffnungsdurchmesser (6 λ) und einer Brennweite von 40 cm. Messungen mit nur einem Spiegel und Einstellung größter Konvergenz der Strahlung nach Art der optischen Abbildung erübrigten sich, da nach BACH die Verstärkung bei einer solchen Konzentration nur etwa $^1/_{80}$ gegenüber der Konzentration mit 2 Spiegeln beträgt. Den Versuchsaufbau zeigt Fig. 1. Die Spiegel standen sich im Abstande von 67 cm (von Öffnungsebene zu Öffnungsebene) gegenüber. Justierungsversuche mit einer 25-Watt-Glühlampe als Testobjekt ergaben, daß diese in der Nähe des Brennpunktes des Empfängerspiegels mit voller Intensität leuchtete. Gleichgünstige Leistungswerte ließen sich auch bei noch größeren Spiegelabständen (bis etwa 1,5 m) erzielen. Der $\lambda/2$-Dipol stand 44,7 cm vor dem Scheitel des Sendespiegels und damit etwa 5 cm außerhalb des optischen Brennpunktes. Das Muskel-Fett-Phantom war zylindrisch aufgebaut und hatte eine Höhe von 160 mm und einen Durchmesser von 158 mm. Der Rindermuskel befand sich im Inneren und wurde koaxial von einer etwa 25 mm dicken Schweinefettschicht umgeben. Das Phantom wog 3,5 kg. Bei der ersten Meßreihe wurde es so aufgestellt, daß seine Längsachse im lotrechten Öffnungsdurchmesser des Empfängerspiegels lag (Fig. 2, Kurve a). Später wurde es demgegenüber um 5 cm nach beiden Richtungen auf der Spiegelachse verschoben (Fig. 2, Kurve b, c). Die Temperaturverteilung wurde in der Horizontalebene durch den Mittelpunkt des Phantoms, und zwar auf 2 Durchmessern längs und quer zur Spiegelachse, gemessen. Die benutzten Glas-Benzolthermometer gestatteten eine Ablesung bis $^1/_{16}$°.

Die Meßergebnisse sind in Fig. 2 dargestellt. Als Abszisse ist der Durchmesser des Phantoms in Richtung Spiegelachse aufgetragen, als Ordinate die Erwärmung in Grad Celsius in 5 Minuten. Dabei liegt der Empfängerspiegel links vom Koordinatenursprung. Die beiden ersten Thermometer befanden sich in der Fettschicht, die folgenden vier im Muskel, das letzte wiederum im Fett. Den Temperaturverteilungskurven ist folgendes zu entnehmen: Sowohl im Fett als auch im Muskel findet ein annähernd exponentieller Abfall der Temperatur mit der Tiefe statt. Der Temperaturanstieg in der dem Fett benachbarten Muskelschicht ist größer als der in der angrenzenden Fettzone. Das Temperaturniveau beim Eintritt in die Fettschicht und in die Muskelschicht ist annähernd gleich. Da wir aus anderen Untersuchungen bei 1 m Wellenlänge (erscheinen in Kürze) wissen, daß die Energieabsorption bei der Strahlenfeldbehandlung im Fett wesentlich kleiner ist als im Muskel, bedeutet dies, abgesehen von der Möglichkeit, daß Fett bei 25 cm Wellenlänge starke Dipolverluste aufweist, daß bei unserer Versuchsanordnung über die Ausdehnung des Phantoms in der gemessenen Richtung, abgesehen von jeglicher Absorption, ein starker Feldstärkenabfall vorhanden war. Durch Abtasten des Feldes mit einem Kontrollämpchen konnte festgestellt werden, daß tatsächlich die Energiedichte an der dem Empfängerspiegel zugewandten Seite des Phantoms wesentlich größer war als an anderen vom Phantom gleich weit entfernten Stellen. Dieser Ort größerer Feldstärke verschiebt sich mit dem Objekt im Spiegel und kommt wahrscheinlich infolge von Reflexionen an der Phantomoberfläche zustande.

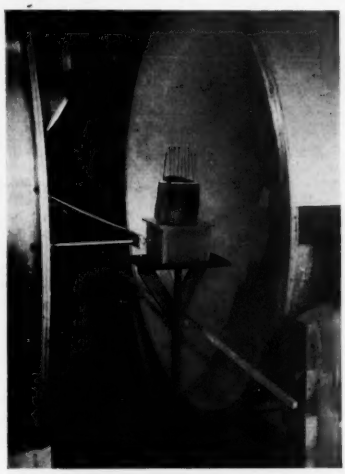


Fig. 1. Versuchsaufbau für Einstrahlung aus Luft; $\lambda = 25$ cm.

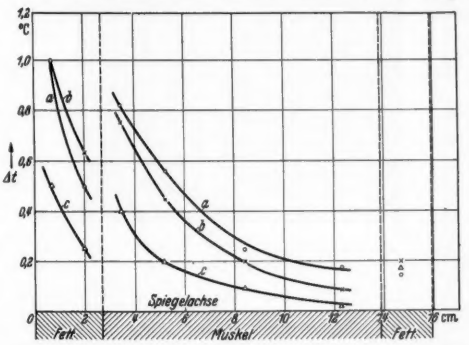


Fig. 2. Schichtung Fett—Muskel im Strahlenfeld Außenmedium Luft; $\lambda = 25$ cm.

Die entsprechenden Temperaturmessungen auf dem zur Spiegelachse senkrechten Phantomdurchmesser in der Horizontalebene ergeben sehr kleine Temperaturanstiege mit kaum unterschiedlichen Werten (größtes $\Delta t = 0{,}3$° in

[1] Eine nähere Diskussion der Versuchsergebnisse im Sinne der theoretischen Betrachtungen von HOLLMANN hoffen wir demnächst geben zu können.

5 Minuten), so daß sich eine besondere Darstellung dieses Temperaturverlaufes erübrigt.

Abschließend ist festzustellen, daß bei den heute zur Verfügung stehenden Leistungen im unteren Dezimeterwellengebiet schon beträchtliche Erwärmungen an biologischen Phantomen von praktischen Dimensionen erzielt werden können mit einer relativ günstigen Muskelerwärmung.

Jena, Technisch-Physikalisches Institut der Universität, den 21. Juni 1938. A. Esau. J. Pätzold. E. Ahrens.

Temperaturverteilung in geschichteten biologischen Geweben nach der Behandlung im elektromagnetischen Strahlenfeld mit Außenmedium hoher Dielektrizitätskonstante.

Parallel zu den im vorstehenden beschriebenen Versuchen, bei denen von einem in Luft schwingenden Dipol eingestrahlt wurde, wurden aus den gleichen Gründen Messungen durchgeführt, bei denen sich der Strahler unter destilliertem Wasser, also im Medium hoher DK, befand. Gegenüber einer Dipolanordnung in Luft ermöglicht dieser Aufbau kleinere Abmessungen (Verkürzung des Dipols um den Faktor $\sqrt{\varepsilon}$) und damit bessere Lokalisation der Strahlung. Daneben wird die Reflexion an der Grenzschicht Außenmedium-Fett bzw. bei sehr dünner Fettschicht Außenmedium-Muskelgewebe, die ja als Verlust anzusehen ist, bedeutend kleiner sein. Ein Nachteil dieser Anordnung ist, daß dest. Wasser bei der verwendeten Frequenz ($3 \cdot 10^8$ Hz) neben den geringen Ohmschen Verlusten bereits beträchtliche Dipolverluste besitzt, der Strahler also erheblich gedämpft wird. Diesen Nachteil vermeiden bekanntlich keramische Massen hoher DK, denen bei einer evtl. praktischen Anwendung der Vorzug zu geben wäre.

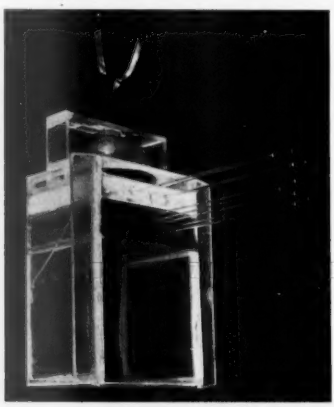


Fig. 1. Meßtrog für Strahlenfelduntersuchungen. Außenmedium Wasser; $\lambda = 100$ cm.

Als Energiequelle diente der neue, mit einer wassergekühlten Magnetfeldröhre ausgerüstete Siemens-Kurzwellentherapieapparat für 1 m Wellenlänge und 700 Watt Hochfrequenzleistung. Fig. 1 zeigt den Phantomaufbau. In die eine Stirnseite eines $295 \times 195 \times 150$ mm großen Trolitultroges ist ein halbkugeliger Messingsreflektor von 134 mm Öffnung, in welchem sich der $\lambda/2$-Dipol befindet, eingesetzt. Der Reflektorraum, der in 20 mm Entfernung von der Öffnung durch eine 2 mm dicke Trennwand aus Trolitul von dem übrigen Meßtrog abgeteilt ist, wurde mit dest. Wasser gefüllt. An diese Trennwand schloß sich eine 30 mm dicke Schicht aus Fettgewebe (Schweinespeck) an und daran eine 45 mm dicke Schicht aus Muskelgewebe (mageres Rindfleisch). Die Temperaturverteilung wurde mittels Glas-Benzolthermometern besonders in Richtung der Spiegelachse gemessen. Fig. 2 stellt das Ergebnis des ersten Versuches dar. Die Behandlungszeit betrug hier wie auch beim Versuch nach Fig. 3 je 2 Minuten, während bei den Messungen nach Fig. 2 45 Sekunden eingestrahlt wurde. Wie sich zeigt, ist der Temperaturanstieg im Fett wesentlich geringer als im Muskel. Bemerkenswert ist der Anstieg der Temperaturkurve im Muskel mit größer werdender Entfernung vom Dipol (ähnlich bei Spiller, der von Luft aus einstrahlte; Jenaer Diss.: erscheint demnächst). Als Ursache dieser Erscheinung wurde Reflexion an der Grenzschicht

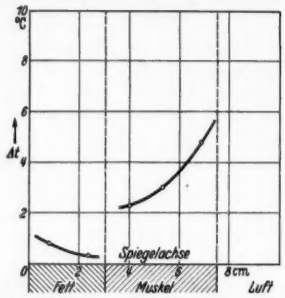


Fig. 2. Schichtung Fett—Muskel im Strahlenfeld. Außenmedium Wasser; $\lambda_0 = 100$ cm.

Muskel—Luft vermutet. Um diese Reflexion zu unterdrücken, wurde in einem weiteren Versuch der an die Muskelschicht angrenzende Raum mit Wasser von der Leitfähigkeit des Muskelgewebes ($K = 6 \cdot 10^{-3}\ \Omega^{-1}\,\mathrm{cm}^{-1}$) gefüllt, dieser also, physikalisch gesprochen, weitgehend an Muskel angepaßt. Fig. 3 zeigt die dann auftretende Temperaturverteilung. Die jetzt vollkommen normalen Absorptionskurven beweisen, daß vorher tatsächlich Reflexion (am dünneren Medium) vorgelegen hat. Ein Vergleich mit den entsprechenden Versuchen bei Einstrahlung aus Luft zeigt, daß sich das Erwärmungsverhältnis Fett:Muskel hier bedeutend zugunsten von Muskel verschoben hat. Der Grund

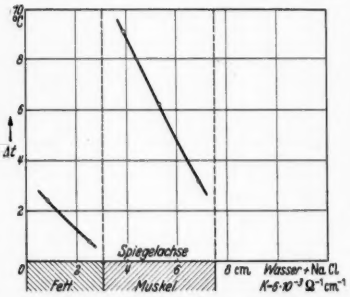


Fig. 3. Schichtung Fett—Muskel im Strahlenfeld. Außenmedium Wasser; $\lambda_0 = 100$ cm.

dafür kann, abgesehen von der Möglichkeit, daß Fett bei 25 cm Wellenlänge starke Dipolverluste besitzt, nur der sein, daß der Gradient der Feldstärke infolge der zunehmenden Entfernung vom Dipol bei dieser Anordnung kleiner ist als derjenige, welcher im anderen Falle infolge der Entfernung vom Brennpunkt des Empfangsspiegels auftritt. In Fig. 4 ist die Temperaturverteilung bei verschiedener Dicke der dem Muskel vorgelagerten Fettschicht aufgetragen, und zwar betrug bei Kurve a die Fettschicht 35 mm, bei Kurve b 64 mm und bei Kurve c 92 mm. Mit wachsender Fettschicht verschiebt sich das Erwärmungsverhältnis zuungunsten von Muskel, da sich die Muskelschicht immer weiter von dem Ort großer Feldstärke entfernt. Die Absorptionskurven ähneln im übrigen einander in ihrem Verlauf. Im Fett zeigen sie besonders bei kleinen Schichtdicken in der Nähe der Grenzschicht Fett—Muskel einen erneuten Anstieg, der auf Reflexion an der Muskelschicht zurückzuführen sein dürfte.

Eine energetische Auswertung der beschriebenen Versuche ist nur schwer möglich; mit Sicherheit kann aber gesagt werden, daß der Wirkungsgrad, also das Verhältnis der im Phantom absorbierten Energie zu der vom Sender erzeugten,

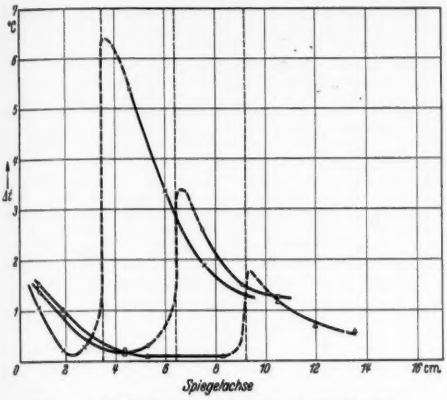


Fig. 4. Schichtung Fett—Muskel im Strahlenfeld. $\lambda_0 = 100$ cm Parameter: Dicke der Fettschicht.

selbst bei dem hier verwendeten, sehr ungünstigen Öffnungsverhältnis sehr viel größer ist als bei der vorstehend beschriebenen Einstrahlung aus Luft.

Erlangen, Kurzwellenlaboratorium der Siemens-Reiniger-Werke A.-G., den 21. Juni 1938.

J. Pätzold. K. Osswald.

Anwendung der Kryolyse auf Humus-Komplexe.

Durch die zahlreichen Untersuchungen von F. F. Nord und Mitarbeitern[1] wurde die Wirkung des Gefrierens als Faktor der kolloidalen Aggregation und Desaggregation erwiesen. Diese Erscheinung besitzt zweifellos Bedeutung sowohl für die Theorie wie auch in vielfacher Hinsicht für die Praxis.

Eine Bestätigung der von Nord gemachten Beobachtungen und, ganz allgemein, der von ihm gezogenen Schlußfolgerungen findet man auch im Verhalten der Dispersionen von Humuskomplexen des Bodens beim Gefrieren.

Die Untersuchungen wurden an einem kolloidalen Produkt vorgenommen, das in der üblichen Weise durch alkalische Auslaugung nach vorangegangener Behandlung mit Säure aus dem Erdboden isoliert worden war. Das durch Sedimentation und Dialyse gereinigte Produkt hatte folgende Zusammensetzung: 96,3 % Humussubstanz, 0,35 % Fe_2O_3, 1,55 % Al_2O_3, 1,55 % SiO_2, 0,25 % P_2O_5. Die Gefrierversuche wurden an 0,2proz. alkalischen Dispersionen bei einem p_H von 10,7 ausgeführt. Die Dispersionen wurden etwa 40 Stunden dem Einfluß einer Temperatur von $-9°$ bis $-10°$ ausgesetzt.

Die durch die Frostwirkung in der Dispersion aufgetretenen Veränderungen wurden durch Messung der elektrophoretischen Wanderungsgeschwindigkeit vor und nach dem Gefrieren bestimmt. Die (relative) Wanderungsgeschwindigkeit wurde geschlossen aus der Erhöhung der Kolloidkonzentration, die sich in der Dispersion des Anodenschenkels des elektrophoretischen Apparates zeigt; diese Vermehrung wurde an 50 ccm der Dispersion gemessen und auf Einheiten in Coulomb bezogen.

Beleganalyse: *Dispersion vor dem Gefrieren:* Relative elektrophoretische Geschwindigkeit (gewanderte Substanz auf Coulomb bezogen in 50 ccm): 0,144 mg.

Dispersion nach dem Gefrieren: Relative elektrophoretische Geschwindigkeit (wie oben): 0,160 mg.

Das Gefrieren der Dispersion bewirkte also eine Erhöhung der Wanderungsgeschwindigkeit im elektrischen Feld, d. h. eine weitere Desaggregation der Kolloide. Ob und in welchem Ausmaß bei dieser Messung ein Einfluß der Konzentration der Dispersion oder anderer Faktoren stattgefunden hat, wird zur Zeit noch untersucht.

Milano, Agrikulturchemisches Institut der Kgl. Universität, den 25. Juni 1938. Cl. Antoniani.

[1] Naturwiss. **24**, 481 (1936) — Erg. Enzymforschg **2**, 23 (1933). — Luise Holzapfel u. F. F. Nord, Naturwiss. **26**, 283 (1938) — Ber. dtsch. chem. Ges. **71**, 1217 (1938).

Studien über chemische Bindung mittels Fourier-Analyse II[1].

In unserer ersten Mitteilung hatten wir über die Verteilung der Elektronen in Abhängigkeit von der Bindungsart bei Körpern mit a) Ionenbindung, b) homöopolarer Bindung und c) teilweise van der Waalsscher Bindung berichtet. Im Nachstehenden seien die Ergebnisse gleichartiger Untersuchungen an einem Körper mit d) metallischer Bindung, und zwar am Mg, kurz mitgeteilt.

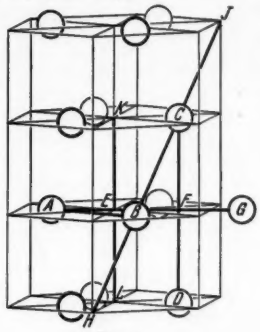


Fig. 1.

In diesem Falle war es notwendig, eine dreidimensionale Fourier-Analyse durchzuführen, da infolge der dichten Packung der Atome in jeder zweidimensionalen Projektion störende Überlappungen auftreten würden. Die Ergebnisse sind in den Figuren dargestellt. Aus Gründen der Übersicht müssen wir uns darauf beschränken, die Elektronendichte im Gitter längs einiger charakteristischer Linien anzugeben,

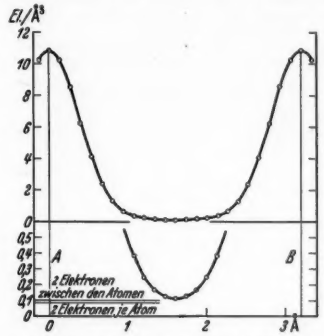


Fig. 2. Elektronendichte längs der kürzesten horizontalen Atomverbindungslinie *AB* der Fig. 1. (In allen Figuren ist im unteren Teil die Elektronendichte in zehnfach vergrößertem Meßstab angegeben.)

nämlich der Verbindungslinien *AB*, *AG*, *HJ*, *KL* und *CD* in Fig. 1. Man sieht, daß die Elektronendichte vom Schwerpunkt des Atoms aus sehr rasch auf einen ziemlich konstanten und überall gleichen Betrag von 0,1 Elektronen pro Å³ abfällt, der etwa derjenigen Elektronendichte entspricht, die man erhält, wenn man 2 Elektronen pro Atom gleichmäßig über das ganze Gitter oder über den Zwischenraum

[1] Vgl. Naturwiss. **26**, 29 (1938).

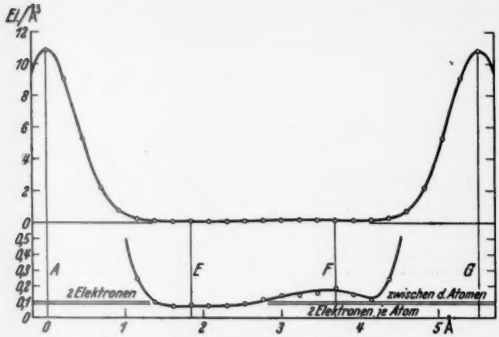


Fig. 3. Elektronendichte längs der Linie *AEFG* von Fig. 1.

zwischen den Atomen[1] verteilt. Diese beiden Größen unterscheiden sich nur unwesentlich voneinander. Daraus möchten wir schließen, daß im Magnesium zwei Leitungselektronen vorhanden sind, die im allgemeinen keine bevorzugten Plätze im Gitter einnehmen.

Eine Ausnahme davon könnte lediglich im Punkt *F* vorliegen, wo eine Elektronenanhäufung auf etwa die doppelte Durchschnitts-Dichte gefunden wird (vgl. Fig. 3). Das könnte damit zusammenhängen, daß dieser Punkt von 5 Mg-Atomen umgeben ist. Jedenfalls findet sich die Anhäufung nicht in dem Punkt *E*, der nur von 3 Atomen umgeben ist. Der Elektronenanhäufung benachbart sind (oberhalb und unterhalb) zwei Senken (vgl. Fig. 6), in denen praktisch das Nullniveau erreicht wird. Wieweit diese Anhäufung und diese Senken reell sind, können wir noch nicht mit Sicherheit entscheiden. Für die Realität spricht eine Beobachtung von BRINDLEY[2], der die atomare Streukurve von Ruthenium gemessen hat. Er zieht aus den Abweichungen einiger Intensitäten vom normalen Kurvenverlauf den Schluß, daß im Mittelpunkt eines jeden Basisdreiecks eine erhöhte Elektronendichte vorhanden ist. Wir finden qualitativ ähnliche, aber geringere Abweichungen bei der Streu-

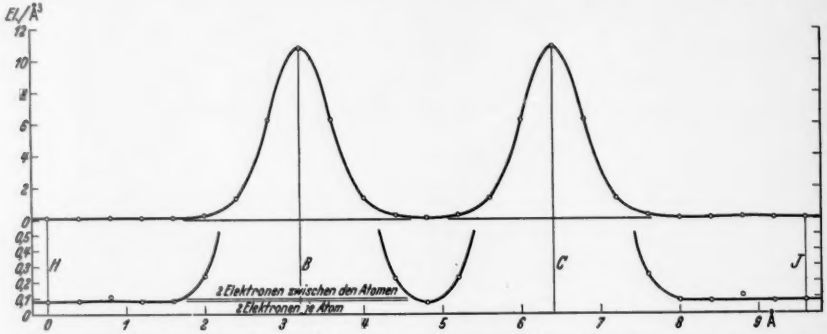


Fig. 4. Elektronendichte längs der Linie *HBCJ* der Fig. 1. *BC* stellt die kürzeste schräge Atomverbindungslinie dar.

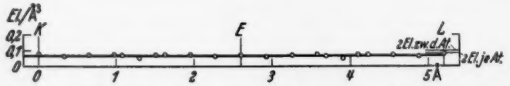


Fig. 5. Elektronendichte längs der Linie *KEL* der Fig. 1 (nur im großen Maßstab).

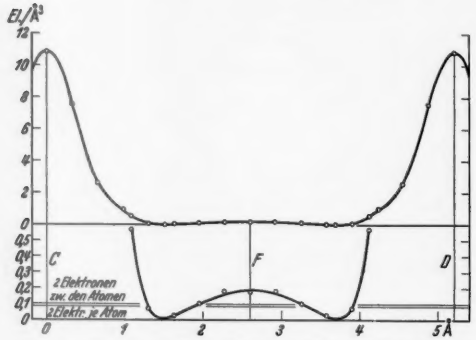


Fig. 6. Elektronendichte längs der Linie *CFD* der Fig. 1.

kurve des Magnesiums. Unsere Fourier-Analyse zeigt jedoch, daß eine Elektronenanhäufung hier nur in den ausgezeichneten Dreiecken vorhanden ist. Da sich die von BRINDLEY gefundenen Abweichungen auch mit der von uns gefundenen Art der Elektronenanhäufung erklären lassen, ist anzunehmen, daß auch bei Ruthenium die Elektronen nur in den durch 5 Nachbarn ausgezeichneten Dreiecks-Schwerpunkten angehäuft sind.

Auf Grund der Feststellung, daß 2 Leitungselektronen im Magnesium vorhanden sind, können wir das von den restlichen 10 Elektronen des Atoms eingenommene Volumen aus den Daten unserer Fourier-Analyse berechnen. Es beträgt nur etwa 13 % des Gesamtvolumens, nämlich 3 Å³ von 23 Å³.

Ludwigshafen a. Rh., I. G. Farbenindustrie A.-G., Ammoniaklaboratorium, den 27. Juni 1938.

H. G. GRIMM. R. BRILL. C. HERMANN. CL. PETERS.

[1] Als Atomvolumen wurde der von 10 Elektronen eingenommene, kugelförmige Raum eingesetzt.

[2] Nature 140, 461 (1937).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.